

И. В. Иликбаев, Е. Ю. Исакова, Н. С. Якимов*

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

a.y.zhilyakov@urfu.ru

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук А. Ю. Жилияков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕХОДА «БЛИЖНИЙ ПОРЯДОК — БЕСПОРЯДОК» В НИКЕЛЬ-ХРОМ-МОЛИБДЕНОВОМ СПЛАВЕ

Дилатометрическим методом исследовано термическое расширение никель-хром-молибденового сплава при разных скоростях нагрева. Методом численного дифференцирования определены температуры разупорядочения твердого раствора в каждом случае. Экстраполяцией полученной зависимости температуры перехода «ближний порядок — беспорядок» определена равновесная температура этого процесса.

Ключевые слова: дилатометрия, ближний порядок, никель-хром-молибденовые сплавы.

I. V. Ilikbaev, E. Yu. Isakova, N. S. Yakimov

DETERMINATION OF THE TRANSITION TEMPERATURE “SHORT RANGE ORDER — DISORDER” OF THE NICKEL-CHROMIUM-MOLYBDENUM ALLOYS

Thermal expansion of a nickel-chromium molybdenum alloy at different heating rates was investigated by dilatometric method. The temperature disordering of the solid solution was determined with method of numerical differentiation in each case. The equilibrium temperature of this process is determined by extrapolation of the obtained dependence of the “short-range order — disorder” transition temperature.

Key words: dilatometry, short-range order, nickel-chromium-molybdenum alloys.

Никель-хром-молибденовые коррозионностойкие сплавы применяются в различных агрессивных средах при повышенных температурах (выше 150 °С). Развитию процессов межкристаллитной коррозии, которая считается одной из наиболее опасных для конструкции, а также факторам, влияющим на них, посвящено множество исследований. Менее изученным остается вопрос стойкости никелевого твердого раствора в целом. Известно, что в интервале температур 200...700 °С в никель-хром-молибденовых сплавах наблюдаются эф-

фекты ближнего и дальнего порядка. Эти явления сказываются на физических свойствах материала и в частности на потенциалах коррозии. Разрушение порядка обычно является следствием ослабления химического взаимодействия между атомами, т. е. происходит ослабление межатомных сил. Следовательно, процессы электрохимической коррозии будут протекать интенсивнее. Определить температуры, при которых кардинально изменяется поведение сплава, можно по изменению физических свойств, которые являются чувствительными к тонким эффектам перехода «порядок — беспорядок».

Материалом исследований послужил коррозионностойкий сплав следующего химического состава (мас. %): 63 % Ni, 23,5 % Cr, 13 % Mo, 0,5 % Fe.

Исходная структура сплава представляла собой твердый раствор на основе никеля с незначительным содержанием неметаллических включений.

Дилатометрическим методом были получены кривые «удлинение — температура» для разных скоростей нагрева (рис. 1). Дилатограмма, полученная со скоростью нагрева 3,3 град/мин, имеет два линейных участка с разным углом наклона. Такое поведение линейного расширения связано с ослаблением сил межатомного взаимодействия в решетке, которое происходит при разрушении ближнего порядка в сплаве. Температура, при которой происходит излом (перегиб) кривой, находится в области $\sim 600^\circ\text{C}$, т. е. в этой точке изменилась скорость удлинения образца. Для остальных скоростей нагрева дилатограммы также имеют перегибы, но визуальное определение их температур неоднозначно.

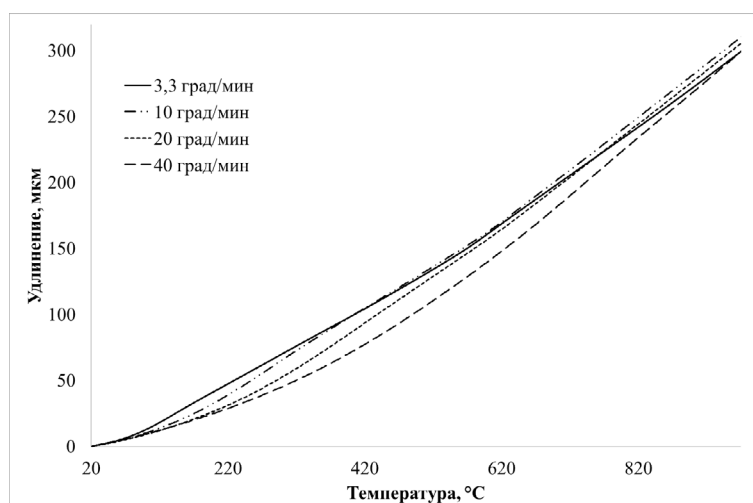


Рис. 1. Удлинение сплава при нагревании

Методами численного дифференцирования были определены температуры перегиба для всех скоростей нагрева. Они составили 615, 645, 675, 755 °С для скоростей нагрева 3,3, 10, 20, 40 град/мин соответственно. Смещение точки перегиба в область более высоких температур с увеличением скорости нагрева, по-видимому, связано с ведущей ролью диффузии в процессе разрушения ближнего порядка. По полученным данным был построен график зависимости температуры перегиба от скорости нагрева (рис. 2). Аппроксимация показывает линейную зависимость с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,9972$. Экстраполяция этой линии к нулевой скорости нагрева дает равновесную температуру перегиба, т. е. температуру перехода «ближний порядок — беспорядок», как предложено в [1]. В нашем случае эта температура составила ~604 °С.

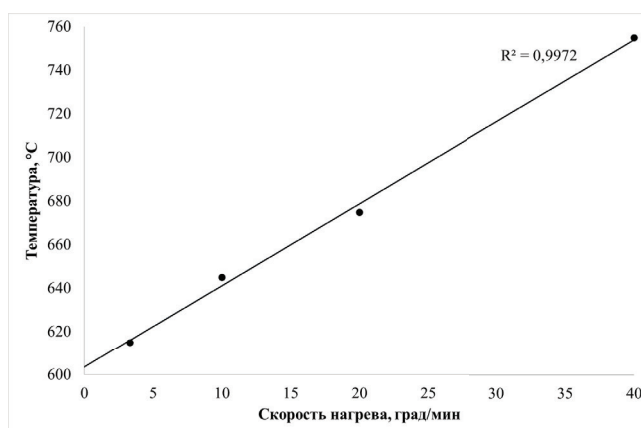


Рис. 2. Зависимость температуры разупорядочения от скорости нагрева сплава

Таким образом, дилатометрическим методом определена равновесная температура перехода «ближний порядок — беспорядок» никель-хром-молибденового сплава при нагревании, которую можно рекомендовать как максимальную температуру его эксплуатации, поскольку выше нее происходят резкое ослабевание межатомного взаимодействия и усиление процессов электрохимической коррозии.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-1032.2017.8.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Verma A., Singh J. B., Sundararaman M. Resistivity and Transmission Electron Microscopy Investigations of Ordering Transformation in Stoichiometric $\text{Ni}_2(\text{Cr}_{0,5}\text{Mo}_{0,5})$ Alloy // Metallurgical and Materials Transactions A. 2012. V. 43 A. September. P. 3078–3085.